饲粮肌醇添加水平对2~4月龄生长獭兔生长性能、毛皮质量、免疫器官指数和营养物质利用率的影响

周松涛[1] 谷子林[1*] 吴峰洋[1] 李 冲[1] 戴 冉[1] 巩耀进[1] 刘亚娟[2] 陈赛娟[2]

（1.河北农业大学动物科技学院，保定 071001；2.河北省山区研究所，保定 071001）

摘 要：本试验旨在研究饲粮肌醇添加水平对2~4月龄生长獭兔生长性能、毛皮质量、免疫器官指数和营养物质利用率的影响。选取体重相近的2月龄生长獭兔88只，随机分成4组，每组22个重复，每个重复1只。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮，Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅳ组为试验组，分别饲喂在基础饲粮中添加25、50、75 mg/kg肌醇的试验饲粮。试验期为60 d。结果表明：1）饲粮肌醇添加水平对生长獭兔平均日增重和料重比无显著影响（$P>0.05$）。2）饲粮肌醇添加水平对生长獭兔毛皮面积、毛皮重量无显著影响（$P>0.05$），但对被毛密度、被毛长度有显著或极显著影响($P<0.05$或$P<0.01$)。被毛长度以Ⅲ组最长，显著长于Ⅰ组（$P<0.05$），但与Ⅳ组无显著差异（$P>0.05$）；被毛密度以Ⅳ组最大，极显著大于Ⅰ组和Ⅲ组（$P<0.01$），显著大于Ⅱ组（$P<0.05$）。3）饲粮肌醇添加水平对生长獭兔脾脏指数无显著影响（$P>0.05$），胸腺指数随着肌醇添加水平的提高呈升高趋势（$P>0.05$）。4）饲粮肌醇添加水平对生长獭兔粗纤维、中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维利用率无显著影响（$P>0.05$），但对干物质、总能、粗蛋白质利用率有显著或极显著影响（$P<0.05$或$P<0.01$）。其中，干物质利用率以Ⅳ组最高，显著高于Ⅰ组（$P<0.05$）；Ⅱ组的总能利用率显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），Ⅳ组的总能利用率极显著高于Ⅰ组（$P<0.01$）；Ⅱ组和Ⅳ组的粗蛋白质利用率显著高于Ⅰ组（$P<0.05$），Ⅲ组的粗蛋白质利用率极显著高于Ⅰ组（$P<0.01$）。综合以上测定指标，在生长獭兔饲粮中适宜的肌醇添加水平为75 mg/kg。

关键词：肌醇；生长獭兔；生长性能；毛皮质量；营养物质利用率

中图分类号：S816 文献标识码：A 文章编号：

肌醇，学名环己六醇，为B族维生素类物质[1]，起初由肌肉组织中分离而来，故得名肌醇。肌醇在动物和微生物细胞中主要以磷脂酰肌醇的形式存在，在动物生长发育、毛发生长、

收稿日期：2015-10-13
基金项目：国家兔产业技术体系（CARS-44-B-3）；河北省科技支撑计划（14236602D-6）
作者简介：周松涛（1989—），男，河北邢台人，硕士研究生，研究方向为动物营养与饲料科学。E-mail: zhousongtao520@yeah.net
*通信作者：谷子林，教授，博士生导师，E-mail: shyxq@hebau.edu.cn

细胞新陈代谢、脂肪代谢方面具有重要促进作用[2-4]。近些年来，肌醇在养殖业中的应用逐渐引起了国内外学者的重视，尤其在水产养殖中研究的较为深入。大量试验证明，适量的肌醇添加于水生动物饲料中可提高饲料利用率、加快动物生长速度。Lee 等[5]研究发现，当肌醇在牙鲆饲料中添加水平为 617 mg/kg 时，可提高其增重率。程镇燕[6]研究表明，在大黄鱼饲料中肌醇添加水平为 351~363 mg/kg 时，可提高其增重率。吴宏玉等[3]研究表明，在饲料中添加 0.03%肌醇可促进奥尼罗非鱼生长、加强脂肪代谢，并提高饲料利用率。Shiau 等[7]报道，饲料中适量添加肌醇可促进草虾生长并提高蛋白质转化率。大多数水生动物饲料中一旦缺乏肌醇，即可引起生长受阻、皮肤病变以及鳍条糜烂等症状，这已在幼建鲤[8]、鲈鱼[6]和黑鲷[9]等水生动物上得到了证实，其主要是由于肌醇与细胞膜功能密切相关。然而，肌醇作为维生素营养添加剂在畜禽生产上的报道资料较少，仅有的少量报道也只是较为笼统的研究。孙超等[10]通过在奶牛饲粮中添加肌醇发现肌醇可提高奶牛产奶量，改善乳成分。叶秀娟[11]研究表明，肌醇渣可提高鸭蛋品质。高启贤[12]研究发现，通过静脉注射 12.5%的肌醇可以治疗牛怀孕后期因胎儿过大对胃肠蠕动影响所引起的前胃弛缓病。此外，据 Pruneda 等[13]研究证实，肌醇可影响皮特兰猪的精子数量。综合以上研究可发现，肌醇虽在饲料工业和养殖业中已有所应用，但多是应用于水生动物，在反刍动物以及家禽等上有少量报道，在家兔方面尤其在獭兔方面则未见报道。鉴于此，本试验通过在饲粮中添加不同水平的肌醇，研究其对生长獭兔生长性能、毛皮质量、免疫器官指数和营养物质利用率的影响，寻求肌醇在生长獭兔饲粮中适宜添加量，以期扩大其在动物生产中应用范围，为肌醇在动物生产中的应用提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料与基础饲粮

试验用肌醇为吉林海资生物工程技术有限公司产品，为白色粉末状，纯度≥98%。基础饲粮参照美国 NRC（1977）建议的兔营养需要量以及谷子林[14]推荐的獭兔饲粮营养水平配制而成，其组成及营养水平见表 1。饲粮制成长 10 mm、直径为 4 mm 的颗粒饲料。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet（air-dry basis）　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
玉米 Corn	20.00
小麦麸 Wheat bran	20.00
豆粕 Soybean meal	13.00
花生粕 Peanut meal	2.00
葵花粕 Sunflower meal	3.00
花生秧 Peanut vine	30.00
花生皮 Peanut coat	10.00
石粉 Limestone	1.00
预混料 Premix[1)]	0.30
食盐 NaCl	0.50
赖氨酸 Lys	0.10
蛋氨酸 Met	0.10
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[2)]	
消化能 DE/（MJ/kg）	10.50
粗蛋白质 CP	15.01
粗纤维 CF	15.77
粗脂肪 EE	2.24
钙 Ca	0.99
磷 P	0.48

[1)] 预混料为每千克饲粮提供 Premix provided the following per kg of the diet:VA 13 500 IU，VD 1 000 IU，VE 40 mg，VK 1.5 mg，VB_1 1.8 mg，VB_2 6 mg，VB_3 13.5 mg，VB_5 24 mg，VB_6 0.3 mg，VB_{12} 0.024 mg，Cu（as copper sulfate）10 mg，Fe（as ferrous sulfate）60 mg，Zn（as zinc sulfate）70 mg，Mn（as manganese sulfate） 16 mg，Se （as sodium selenite） 0.1 mg，生物素 biotin 0.09 mg，叶酸 folic acid 0.3 mg。

[2)] 消化能为计算值，其余为实测值。DE was a calculated value, while the others were measured values.

1.2 试验设计及动物

选择体重相近、健康状况良好的 2 月龄獭兔 88 只，公母各占 1/2，按性别和体重随机分为 4 组，每组 22 个重复，每个重复 1 只。Ⅰ组为对照组，饲喂基础饲粮，Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅳ组为试验组，依次饲喂在基础饲粮中添加 25、50、75 mg/kg 肌醇的试验饲粮。每只试兔单独饲喂于笼内，专人管理，早、晚各喂 1 次，自由采食，充足饮水，自然通风和光照，其余按兔场常规管理方式饲养。试验于 2014 年 7 月 19 日至 2014 年 9 月 16 日在河北农业大学试验兔场进行。正式试验期为 60 d。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 生长性能

试验开始、结束时称重各组试兔体重，试验期间准确记录每只试兔每天的耗料量，计算平均日采食量（ADFI）、平均日增重（ADG）和料重比（F/G）。

1.3.2 毛皮质量

被毛密度参照谷子林等[15]的“五点取样法”进行测定，即在肩甲部、背中部、体侧中部、臀部和腹中部 5 个部位，采用游标卡尺与獭兔的纵轴垂直方向测定 1 cm 宽度的被毛厚度，然后根据獭兔的被毛密度系数计算被毛密度（1 cm^2 皮肤面积的毛纤维数量）；被毛长度由游标卡尺直接测定；采用环剥法剥皮，去除兔皮上的残肉和脂肪，准确称量皮重；将剥下来的獭兔皮自颈部中间至尾根测量长度，从腰部中间两边缘之间量出宽度，然后长、宽相乘即得皮张面积。

1.3.3 免疫器官指数

饲养试验结束时，于各组中随机选取 4 只试兔，称活体重后采用颈椎错位法致死，剥皮、解剖，取胸腺、脾脏，去除附着的组织并迅速称鲜重。免疫器官指数计算公式为：

脾脏指数（g/kg）=脾脏重/活体重；

胸腺指数（g/kg）=胸腺重/活体重。

1.3.4 营养物质利用率

试验结束前 7 天每组随机选择 6 只试兔转入消化笼内，进行为期 7 d 的消化试验。消化代谢试验采用全收粪法进行，每天准确记录每只试兔的实际采食量，收集新鲜粪便去除杂质后称重，粪便均分为 2 份，一份按粪便重量加 10%的盐酸，仅用于测定粗蛋白质（CP）含

量，另一份不做处理，用于其他常规指标的测定。集粪期结束后，将充分混匀的粪便放入65 ℃烘箱中烘 48 h，取出置于空气中回潮 24 h，准确称重测定初水分，然后将风干样品粉碎，用 40 目筛过滤后装于密封袋内待测。

饲粮和粪便样品中水分含量参照 GB 6435-86 测定，然后计算干物质（DM）含量；总能（GE）采用长沙友欣 YX-ZR 天鹰自动量热仪测定；CP 含量采用 Foss Kjeltec 8400 全自动凯氏定氮仪测定；粗纤维（CF）、中性洗涤纤维（NDF）、酸性洗涤纤维（ADF）含量采用 ANK-OM A2000i 全自动纤维分析仪测定。

饲粮中某营养物质利用率（%）=100×（食入某营养物质量-对应粪中某营养物质量）/食入某营养物质量。

1.4 数据统计分析

采用 Excel 2007 进行初步处理后，然后用 SPSS 17.0 统计软件进行分析，采用单因素方差分析（one-way ANOVA）检验组间差异显著性，结合 LSD 法进行多重比较。P<0.05 为差异显著，P<0.01 为差异极显著。

2 结果与分析

2.1 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔生长性能的影响

由表 2 可知，在试兔始重无显著差异（P＞0.05）的情况下，饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔平均日增重和料重比均未产生显著影响（P＞0.05）。各组生长獭兔的平均日采食量也无显著差异（P＞0.05）。

表 2 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔生长性能的影响

Table 2 Effects of inositol supplemental level on growth performance of 2 to 4-month-old growing Rex rabbits

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	Ⅳ组 Group Ⅳ
始重 Initial weight/g	1 281.21±59.45	1 270.61±54.27	1 269.00±48.59	1 289.69±61.50
末重 Final weight/g	2 432.28±67.08	2 426.18±42.07	2 432.47±62.49	2 494.50±54.68
平均日增重 ADG/（g/d）	19.18±0.79	19.26±0.71	19.39±0.42	20.59±0.69
平均日采食量 ADFI/（g/d）	114.70±3.73	115.95±4.04	115.37±3.93	115.72±3.42
料重比 F/G	5.98±0.32	6.02±0.25	5.95±0.21	5.62±0.23

同行数据肩标无字母或相同字母表示差异不显著（*P*＞0.05），不同小写字母表示差异显著（*P*＜0.05），不同大写字母表示差异极显著(*P*＜0.01)。下表同。

In the same row, values with no letter or the same letter superscripts mean no significant difference （*P*＞0.05）, while with different small letter superscripts mean significant difference （*P*＜0.05）, and with different capital letter superscripts mean significant difference （*P*＜0.01). The same as below.

2.2 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔毛皮质量的影响

由表 3 可知，饲粮肌醇添加水平对毛皮面积和毛皮重量均无显著影响（*P*＞0.05），对被毛长度和被毛密度有显著或极显著影响（*P*＜0.05 或 *P*＜0.01）。其中，被毛长度以III组最长，显著长于Ⅰ组（*P*＜0.05），与其他组差异不显著（*P*＞0.05）；被毛密度以Ⅳ组最大，极显著大于Ⅰ组和III组（*P*＜0.01），显著大于Ⅱ组（*P*＜0.05），Ⅱ组与Ⅰ组之间差异显著（*P*＜0.05），但与III组之间差异不显著（*P*＞0.05）。

表 3 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔毛皮质量的影响

Table 3 Effects of inositol supplemental level on fur quality of 2 to 4-month-old growing Rex rabbits

项目 Items	Ⅰ组 GroupⅠ	Ⅱ组 Group Ⅱ	III组 Group III	Ⅳ组 Group Ⅳ
被毛密度 Wool density/cm^2	10 080.00±532.35^{Aa}	12 024.00±383.25^{ABb}	11 412.00±500.13^{Aab}	13 572.00±478.95^{Bc}
被毛长度 Wool length/cm	2.06±0.07^{a}	2.13±0.05^{ab}	2.26±0.07^{b}	2.22±0.02^{ab}
毛皮面积 Fur area/cm^2	1 110.93±24.14	1 093.00±23.93	1 110.25±28.13	1 117.75±17.56
毛皮重量 Fur weight/g	285.49±11.38	308.39±14.24	301.21±12.11	316.08±21.15

2.3 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔免疫器官指数的影响

由表 4 可知，饲粮肌醇添加水平对脾脏指数无显著影响（*P*＞0.05），对胸腺指数也无显著影响（*P*＞0.05），但随着肌醇添加水平的提高，胸腺指数呈逐渐升高的趋势，Ⅱ组、III组和Ⅳ组分别比Ⅰ组提高 12.12%、20.60%和 24.85%。

表 4 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔免疫器官指数的影响

Table 4 Effects of inositol supplemental level on immune organ indices of 2 to4-month-old

growing Rex rabbits g/kg

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	Ⅳ组 Group Ⅳ
脾脏指数 Spleen index	0.48±0.05	0.53±0.04	0.50±0.06	0.49±0.10
胸腺指数 Thymus index	1.65±0.08	1.85±0.10	1.99±0.29	2.06±0.18

2.4 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔营养物质利用率的影响

由表 5 可知，DM 利用率以Ⅳ组最高，显著高于Ⅰ组（P＜0.05），其他各组之间差异不显著（P＞0.05）；与Ⅰ组相比，GE 利用率在Ⅱ组达到了显著差异（P＜0.05），在Ⅳ组达到了极显著差异（P＜0.01）；Ⅱ组和Ⅳ组的 CP 利用率显著高于Ⅰ组（P＜0.05），Ⅲ组的 CP 利用率极显著高于Ⅰ组（P＜0.01）；CF、NDF、ADF 利用率各组之间差异不显著（P＞0.05）。

表 5 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔营养物质利用率的影响

Table 5 Effects of inositol supplemental level on nutrient availabilities of 2 to4-month-old growing Rex rabbits

%

项目 Items	Ⅰ组 Group Ⅰ	Ⅱ组 Group Ⅱ	Ⅲ组 Group Ⅲ	Ⅳ组 Group Ⅳ
干物质 DM	57.77±0.77^{a}	59.89±0.91^{ab}	58.73±1.03^{ab}	60.28±0.24^{b}
总能 GE	57.45±0.66^{Aa}	59.90±0.90^{ABb}	59.18±0.90^{ABab}	60.96±0.39^{Bb}
粗蛋白质 CP	71.61±0.94^{Aa}	74.42±0.35^{ABb}	75.17±0.73^{Bb}	74.27±0.66^{ABb}
粗纤维 CF	15.40±0.77	15.47±1.18	15.61±0.61	16.09±0.56
中性洗涤纤维 NDF	25.49±0.51	26.41±1.42	26.83±0.97	26.71±0.80
酸性洗涤纤维 ADF	18.32±0.26	19.11±0.94	19.26±1.22	19.28±0.52

3 讨 论

3.1 饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔生长性能的影响

肌醇作为水溶性维生素，是维持动物生长发育所不可缺少的营养物质。但目前关于饲粮中添加肌醇对动物生长性能的影响多见于水生动物方面的报道。因水生动物自身对肌醇合成能力有限以及其饲料中缺乏谷物饲料，因此需要额外添加肌醇才能满足其正常的生长需要[16]。Gong 等[17]研究指出，在异育银鲫饲料中添加 163.5 mg/kg 肌醇可提高饲料转化率，达

到最大生长速度。崔红红等[18]报道，在团头鲂幼鱼饲料中添加适量肌醇可提高其特定生长率，降低饲料系数。而在饲粮中额外添加肌醇对畜禽生长性能的影响鲜有报道，孙超等[19]通过在西农莎能奶山羊饲粮中添加不同水平的肌醇后发现，当肌醇添加水平为 0.2 g/（只 •d）时，明显改善了羊的采食量、产奶量以及体增重。沈金钰[20]研究发现，在肉鸡饲粮中添加2%的肌醇渣可提高其生长速度和饲料报酬。本试验中，饲粮肌醇添加水平对生长獭兔的平均日增重、料重比均未见显著影响，但Ⅱ组、Ⅲ组、Ⅳ组獭兔的平均日增重分别比对照组提高了 0.42%、1.09%、7.35%，可见肌醇对獭兔的生长还是有一定的促进作用的。目前，关于肌醇能够促进动物生长的机理大致有以下观点：一是肌醇本身具有甜味，可改善饲料适口性，促使动物采食量增加，有助于增重；二是肌醇在细胞内具有第二信使的作用，能促进细胞内钙离子动员，进而促进了乙酰胆碱的释放，通过胆碱能神经途径促进胃肠蠕动，加速胃肠排空，促进采食[21]；三是肌醇可通过提高胃肠道内相关消化酶的活性，增强消化吸收能力，提高饲料利用效率。但在本试验整个饲养过程中，添加肌醇的试验组与对照组相比，未见獭兔采食量有明显增加情况，这可能与动物种类、添加形式、添加量以及饲喂方式有关。还需要指出的一点是，家兔可从谷物类饲料中获得 B 族维生素，而且家兔具有采食软粪的习惯，其体内的盲肠微生物可为家兔提供足够数量的 B 族维生素[22]，额外添加肌醇后，家兔可能对其敏感性不是太强烈，导致其功能未能充分发挥。综合以上分析，獭兔饲粮中添加肌醇后对体增重有一定的提高作用，可能主要与肌醇能够促进机体消化吸收，提高营养物质利用率有关。

3.2　饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔毛皮质量的影响

獭兔是一种毛皮动物，毛皮质量决定着毛皮的经济价值。被毛密度、被毛长度、毛皮面积等是评价毛皮质量的度量指标，其中，被毛密度与毛皮的保暖性能有很大关系，是评价毛皮质量的关键指标。肌醇缺乏可造成多种水生动物出现体表出血、皮肤糜烂和体色发黑等症状[23]。5-多聚磷酸酯肌醇磷酸酶可调节羽毛的生长[24]。肌醇可供给脑细胞营养，促进毛发发育，使其变得粗壮茂密。本试验中，饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔的被毛密度和被毛长度产生了显著或极显著的影响，被毛密度在Ⅳ组最为浓密，被毛长度在Ⅲ组最长，这表明饲粮中适量添加肌醇可促进动物皮肤衍生物的发育，提高毛皮质量。獭兔饲粮中添加肌醇可促进毛发生长，可能是以下几方面的综合作用：毛发的生长代谢以毛囊为中心，毛囊位

于皮肤的真皮层内，毛发生长需要的营养物质从真皮下的动脉丛和毛乳头的毛细血管丛中流动的血液中获取，而肌醇是构成卵磷脂的主要成分，卵磷脂不但能够促进毛发主要成分角质蛋白的合成，还可疏通血管，增进血液循环，使毛发能够更加充分顺利吸收血液中的营养物质；另外，肌醇是构成细胞膜的重要结构元素，在维持细胞膜渗透能力方面起着重要作用，肌醇可能通过增加血管内皮细胞的通透性促进了营养物质的转运，进而增加了毛囊的营养供应，促进毛发生长；再者，肌醇参与体内物质代谢，可促进动物机体对蛋白质的吸收与积累，为毛发生长提供蛋白质来源。此外，成纤维细胞生长因子 5(FGF5)是影响毛囊周期性活动及被毛生长的重要生长因子[25]，肌醇是否能够影响 *FGF*5 mRNA 的表达量，有待进一步深入研究。据谷子林[26]研究发现，獭兔体重与毛皮面积有较强的相关性，一般而言，体重越大，毛皮面积也就越大，而毛皮面积又可影响毛皮重量，本试验中饲粮肌醇添加水平未对生长獭兔的体增重产生显著影响，可能是导致毛皮面积和毛皮质量未产生显著变化的缘由所在。

3.3　饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔免疫器官指数的影响

胸腺和脾脏是家兔的两大免疫器官，免疫器官的发育状况可代表机体的免疫水平。胸腺指数、脾脏指数称为免疫指数，在动物健康生理状态下，免疫指数越大，其免疫功能越强[27]。肌醇缺乏可使幼建鲤的脾脏重量、脾脏指数显著降低，机体抗病能力下降，导致死亡率增高[23]。江洪等[28]研究表明，1，2，3-三磷酸肌醇对小鼠的胸腺指数与脾脏指数具有一定的提高作用。关于肌醇对生长獭兔免疫器官指数的影响国内外尚未见过相关报道。本试验中，饲粮肌醇添加水平虽未对 2~4 月龄生长獭兔的脾脏指数和胸腺指数产生显著影响，但胸腺指数却随着肌醇添加水平的提高呈逐渐升高的趋势，表明肌醇在一定程度上可促进獭兔胸腺的发育，提高机体免疫水平，增强抗病能力。根据前人的研究情况并综合本试验结果来看，肌醇对生长獭兔胸腺发育具有一定的促进作用，原因可能是肌醇参与体内物质代谢，促进营养物质的吸收与利用，而较好的营养条件可促进机体免疫器官的发育；另外，胸腺是 T 细胞成长和分化的主要场所，细胞生长发育和分裂可导致免疫器官相对重量增加，而恰好肌醇具有调节细胞代谢、分泌和增殖细胞的功能，因此可促进胸腺细胞增殖，增加其重量。本试验中饲粮肌醇添加水平未对脾脏指数产生影响，可能与器官自身调节能力有关，需进一步深入研究。

3.4　饲粮肌醇添加水平对 2~4 月龄生长獭兔营养物质利用率的影响

营养物质利用率能够反映动物机体对饲粮中各种常规营养成分的吸收与利用情况。目前，关于肌醇对动物营养物质利用率的影响鲜有报道。从相关研究报道来看，肌醇在体内主要以构成活性组织的角色参与物质代谢过程[16]。张美彦等[29]研究表明，在哲罗鲑饲料中添加适量肌醇能够促进幽门盲囊和肠道中蛋白酶和脂肪酶的分泌，进而有助于哲罗鲑对饲料中蛋白质和脂肪的分解、消化和吸收。另外，肌醇同胆碱一起，是构成磷脂的重要成分，在维持细胞膜结构和细胞质类转运过程中发挥着重要作用，能够促进小肠绒毛的发育，而小肠绒毛是小肠吸收的主要部位，因此，肌醇有助于营养物质的吸收与利用[30]。本试验中，饲粮中添加适宜水平的肌醇能够显著或极显著提高 DM、GE 和 CP 的利用率，表明肌醇可以促进机体对营养物质的消化吸收，有益于动物生长，正好验证了生长性能的试验结果，即肌醇虽没有对獭兔的生长性能产生显著影响，但从数据变化趋势可以看出，随着肌醇添加水平的提高，平均日增重呈升高趋势，料重比呈下降趋势。综合前人研究成果和本试验结论分析，肌醇之所以能够促进生长獭兔对 DM、GE 和 CP 的利用，可能是由于以下原因：肌醇不但能够促进胃肠道内消化酶分泌和提高消化酶活性，而且能够促进小肠绒毛发育，同时还能够改变肠壁的通透性，因而提高了消化吸收能力。本试验中饲粮肌醇添加水平未对 CF、NDF 和 ADF 的利用率产生显著影响，可能与家兔具有对纤维消化利用率低的特性有关，具体原因尚待进一步研究。

4 结 论

综合本试验各测定指标的差异性分析，生长獭兔饲粮中适宜的肌醇添加水平为 75 mg/kg。

参考文献：

[1] SHIAU S Y,SU S L.Dietary inositol requirement for juvenile grass shrimp,*Penaeus monodon*[J].Aquaculture,2004,241(1/2/3/4):1–8.

[2] 刘吉茹,朱宇旌,邵彩梅,等.磷脂酰肌醇 3-激酶/丝苏氨酸蛋白激酶信号途径及其在肌肉生长发育中的调控机制[J].动物营养学报,2013,25(4):692–698.

[3] 吴宏玉,唐瞻杨,杨鸿昆,等.肌醇对奥尼罗非鱼生长、肝脏和肌肉脂肪含量及血清生化指标的影响[J].南方农业学报,2011,42(11):1415–1419.

[4] 郭会灿,王素娟,郭英.肌醇的研究进展[J].河北化工,2008,31(7):5–7.

[5] LEE B J,LEE K J,LIM S J,et al.Dietary *myo*-inositol requirement for olive flounder,*Paralichthys olivaceus* (Temminch et Schlegel)[J].Aquaculture Research,2008,40(1):83–90.

[6] 程镇燕.大黄鱼和鲈鱼对几种水溶性维生素营养需求及糖类营养生理的研究[D].博士学位论文.青岛:中国海洋大学,2010.

[7] SHIAU S Y,SU S L.Juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*×*Oreochromis aureus*) requires dietary *myo*-inositol for maximal growth[J].Aquaculture,2005,243(1/2/3/4):273–277.

[8] 姜维丹.肌醇对幼建鲤消化吸收能力和免疫能力的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2008.

[9] 陈四清,季文娟,吕用琦,等.肌醇对黑鲷幼鱼营养作用的研究[J].海洋科学,1995(5):13–15.

[10] 孙超,高景慧,张文晋.不同水平肌醇对黑白花奶牛乳成分的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2001,29(1):100–102.

[11] 叶秀娟.肌醇渣提炼制成的磷酸氢钙饲喂蛋鸭的试验[J].饲料研究,1997(9):24.

[12] 高启贤.12.5%肌醇治疗牛怀孕后期前胃弛缓[J].甘肃畜牧兽医,1995(4):14.

[13] PRUNEDA A,YEUNG C H,BONET S,et al.Concentrations of carnitine,glutamate and *myo*-inositol in epididymal fluid and spermatozoa from boars[J].Animal Reproduction Science,2007,97(3/4):344–355.

[14] 谷子林.家兔饲料的配制与配方[M].北京:中国农业出版社,2002:50–54.

[15] 谷子林,顾时贵,任文社,等.力克斯兔被毛密度研究[J].中国养兔杂志,1999(4):18–21.

[16] 张美彦,杨星,王常安,等.水产动物对肌醇需要量的研究[J].水产学杂志,2015,28(1):59–63.

[17] GONG W,LEI W,ZHU X,et al.Dietary *myo*-inositol requirement for juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*)[J].Aquaculture Nutrition,2014,20(5):514–519.

[18] 崔红红,刘波,戈贤平,等.肌醇对团头鲂幼鱼生长、血清生化及组织成分含量的影响[J].上海海洋大学学报,2013,22(6):868–875.

[19] 孙超,薄会颖.不同水平肌醇对西农莎能奶山羊某些生产性能的影响[J].畜牧兽医杂志,1999,18(4):10–12.

[20] 沈金钰.在肉鸡饲料中添加不同比例肌醇渣的试验报告[J].饲料工业,1989(1):13–14.

[21] PEPPIATT C M,COLLINS T J,MACKENZIE L,et al.2-aminoethoxydiphenyl borate (2-APB) antagonises inositol 1,4,5-trisphosphate-induced calcium release,inhibits calcium pumps and has a use-dependent and slowly reversible action on store-operated calcium entry channels[J].Cell Calcium,2003,34(1):97–108.

[22] 谷子林,秦应和,任克良.中国养兔学[M].北京:中国农业出版社,2013:376.

[23] 李江.肌醇缺乏对幼建鲤消化功能和免疫功能的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2007.

[24] CONDUIT S E,DYSON J M,MITCHELL C A.Inositol polyphosphate 5-phosphatases;new players in the regulation of cilia and ciliopathies[J].FEBS Letters,2012,586(18):2846-2857.

[25] SUZUKI S,OTA Y,OZAWA K,et al.Dual-mode regulation of hair growth cycle by two *Fgf*-5 gene products[J].Journal of Investigative Dermatology,2000,114(3):456–463.

[26] 谷子林.獭兔养殖解疑 300 问[M].2 版.北京:中国农业出版社,2014.

[27] 张伟.日粮不同维生素 E 添加水平对新西兰肉兔生长发育、免疫、肉质和热应激的影响[D].硕士学位论文.泰安:山东农业大学,2007.

[28] 江洪,吴谋成.1,2,3-三磷酸肌醇抗肿瘤活性研究[J].营养学报,2008,30(1):51–53.

[29] 张美彦,王常安,徐奇友,等.肌醇对哲罗鲑抗氧化能力的影响及组织病理学观察[J].动物营养学报,2015,27(2):631–637.

[30] 张文旭,王宝维,葛文华,等.饲粮添加胆碱对鹅生长性能、屠宰性能及养分表观利用率的影响[J].动物营养学报,2013,25(4):778–784.

Effects of Inositol Supplemental Level on Growth Performance, Fur Quality, Immune Organ Indices and Nutrient Availabilities of 2 to 4-Month-Old Growing Rex Rabbits

ZHOU Songtao[1] GU Zilin[1*] WU Fengyang[1] LI Chong[1] DAI Ran[1] GONG Yaojin[1] LIU Yajuan[2] CHEN Saijuan[2]

（1. *College of Animal Science and Technology*, *Agricultural University of Hebei*, *Baoding* 071001, *China*; 2. *Mountainous Area Research Institute of Hebei Province*, *Baoding* 071001,

*Corresponding author, professor, E-mail: shyxq@hebau.edu.cn (责任编辑 菅景颖)

China）

Abstract: This experiment was conducted to study the effects of inositol supplemental level on growth performance, fur quality, immune organ indices and nutrient availabilities of 2 to 4-month-old growing Rex rabbits. A total of 88 two-month-old healthy growing Rex rabbits with the similar body weight were randomly divided into 4 groups with 22 replicates per group and 1 rabbit per replicate. Group Ⅰ was used as control group and the rabbits were fed with a basal diet. Groups Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ were used as experimental groups and the rabbits were fed with the basal diet plus 25, 50 and 75 mg/kg inositol, respectively. The experiment lasted for 60 days. The results showed as follows: 1） dietary inositol supplemental level had no significant effects on average daily gain, average daily feed intake and feed/gain （$P>0.05$）. 2）Dietary inositol supplemental level had no significant effects on fur area and fur weight （$P>0.05$）, while it had significant effects on wool density and wool length （$P<0.05$ or $P<0.01$）. The wool length in group Ⅲ was the longest, and it was significant longer than that in group Ⅰ （$P<0.05$）, but no significant difference was found between groups Ⅲ and Ⅳ （$P>0.05$）; the wool density in group Ⅳ was the biggest, and it was significant longer than that in groups Ⅰ （$P<0.05$）, Ⅱ （$P<0.01$） and Ⅲ（$P<0.05$）. 3）Dietary inositol supplemental level had no significant effect on spleen index （$P>0.05$）, but thymus index showed an increased trend with inositol supplemental level increasing （$P>0.05$）. 4）Dietary inositol supplemental level had significant effects on the availabilities of dry matter, gross energy and crude protein（$P<0.05$ or $P<0.01$）, while it had no significant effects on the availabilities of crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber（$P>0.05$）.The dry matter availability in group Ⅳ was the highest, which was significant higher than that in group Ⅰ （$P<0.05$）; the gross energy availability in groups Ⅱ and Ⅳ was significant higher than that in group Ⅰ（$P<0.05$ or $P<0.01$); the crude protein availability in groups Ⅱ, Ⅲ and Ⅳ was significant higher than that in group Ⅰ （$P<0.05$ or $P<0.01$）. Considering all indices of this experiment, the optimum dietary inositol supplemental level is 75 mg/kg for growing Rex rabbits.

Key words: inositol; growing Rex rabbits; growth performance; fur quality; nutrient availabilities